

# STUDI HALUAN KAPAL SELAM BENTUK KAPSUL UNTUK MEMINIMALISIR HAMBATAN GESEK TERHADAP AIR LAUT

Purwo Joko Suranto<sup>1)</sup> dan Wiwin Sulistyawati<sup>2)</sup>

Fakultas Teknik Program Studi Perkapalan  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta  
email: [jekdoank@gmail.com](mailto:jekdoank@gmail.com)<sup>1)</sup>

## Abstract

*Submarine has been widely used both for military and for underwater research, various models of hull forms including capsule-shaped submarine. From the capsule form is to be modified in order to get bow shape forms the barrier fluid is small, so the use of power the main engine will be smaller and can save fuel. The shape and size of the bow of the submarine models to be analyzed consists of three (3) the shape and size of the different models. Model first (1) shaped like a capsule, the second model (2) measure the same length as the capsule form is only the tip of the bow made a sharp resembles a bullet, the third model (3) the same shape as the second model just the tip of the bow that resembles the size of a bullet extended. Fluid analysis using ANSYS CFD software version 15.0. where modeling and manufacturing of using ICEM CFD meshing, defining domain for the fluid and the boundary layer to limit the fluid domain using CFX-Pre, iteration calculation using CFX Solver Manager while to display the results of calculations using CFD-post. Meshing is used to achieve independent meshing, so if meshing plus will not affect the results obtained. Results Barriers fluid to the model of unity of 294 581 Newton, for the second model of 275 961 Newton while the third model obtained at 271 939 Newton.*

**Keywords :** submarine, meshing, iteration, resistance

## Pendahuluan

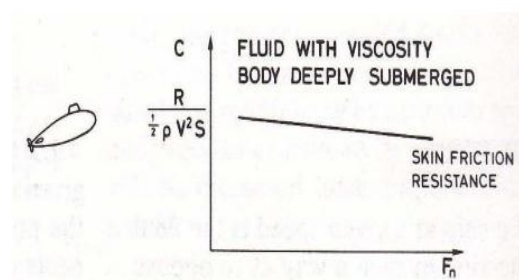
Kapal selam atau disebut juga Sub Marine sudah banyak digunakan di berbagai negara baik untuk kepentingan militer maupun kepentingan penelitian bawah laut. Penelitian pengembangan bentuk body kapal terus berjalan banyak inovasi-inovasi bentuk badan kapal yang sudah tercipta diantaranya bentuk body kapal selam yang menyerupai kapsul.

Bentuk lambung kapal selam dengan model kapsul banyak sekali dan kebanyakan model kapal selam adalah bentuk kapsul.

Bentuk haluan kapal selam atau moncong kapal selam sangatlah penting karena dengan bentuk moncong yang baik maka akan dapat mengurangi hambatan kapal tersebut terhadap fluidanya dalam hal ini air laut..

Bentuk lambung kapsul inilah yang akan dimodifikasi pada bagian ujung haluan kapal selam sehingga didapat tiga bentuk model haluan kapal selam, ketiga model tersebut akan dianalisa hambatan terhadap fluidanya sehingga bisa diketahui mana dari ketiga model tersebut yang hambatan fluidanya paling kecil.

Dengan hambatan lambung yang kecil maka akan memperkecil pula nilai Horse Power mesin yang akan digunakan sehingga otomatis Bahan Bakar yang digunakan juga akan lebih irit, sehingga dengan Bahan Bakar yang jumlahnya sama maka kapal dapat lebih lama beroperasi di perairan, atau bisa juga kapal beroperasi untuk waktu yang sama tetapi konsumsi Bahan Bakar lebih sedikit.



**Gambar 1.** Koefisien Hambatan Kapal Selam

Untuk itu maka hambatan kapal sangat berperan penting terhadap power mesin yang akan digunakan, menurut William Froude Total Hambatan kapal yang bergerak di fluida adalah sebagai berikut :

$$R_t = R_f + R_r$$

Dimana :

$R_t$  = Tahanan Gesek

$R_r$  = Tahanan Sisa

Adapun yang yang dominan dan yang paling berpengaruh serta yang paling besar dari kedua hambatan tersebut adalah hambatan gesek, hambatan ini terjadi karena kapal bergerak di dalam suatu media fluida sehingga terjadi gesekan antara lambung kapal dengan fluida dalam hal ini fluidanya adalah air laut. Maka menurut William Froude Hambatan Gesek adalah sebagai berikut:

$$R_f = f \cdot S \cdot V^n$$

Dimana :

$f$  = koefisien tahanan gesek

$S$  = Luas permukaan basah ( $m^2$ )

$V$  = Kecepatan (knots)

Adapun daftar table  $f$  dan  $n$  sebagaimana terlihat pada gambar 2.

TABLE 1. William Froude's Plank Friction Experiments

Nature of Surface	Length, L			
	2 feet	8 feet	20 feet	50 feet
<i>Values for <math>f^*</math></i>				
Varnish	0.0117	0.0121	0.0104	0.0097
Paraffin	0.0119	0.0100	0.0088	.....
Calico	0.0281	0.0196	0.0184	0.0170
Fine Sand	0.0231	0.0166	0.0137	0.0104
Medium Sand	0.0257	0.0178	0.0152	0.0139
Coarse Sand	0.0314	0.0204	0.0168	.....
<i>Values for <math>n</math></i>				
Varnish	2.00	1.85	1.85	1.83
Paraffin	1.95	1.94	1.93	.....
Calico	1.93	1.92	1.89	1.87
Fine Sand	2.00	2.00	2.00	2.06
Medium Sand	2.00	2.00	2.00	2.00
Coarse Sand	2.00	2.00	2.00	.....

\* The  $f$  values are for fresh water. For sea water multiply by 64/62.4.

**Gambar 2.** Tabel  $f$  dan  $n$  menurut Froude

Begitupun juga dengan kecepatan kapal ini akan mempengaruhi besar kecilnya hambatan kapal juga, semakin cepat kapal tersebut maka hambatan kapalnya semakin besar, semakin kecil kecepatannya maka akan semakin kecil juga hambatan kapalnya sebagai mana terlihat pada gambar 3. Untuk pengujian menggunakan CFD kecepatan Kapal ditetapkan 15 knots.

Semakin hambatannya besar maka penggunaan Horse Power mesin akan besar pula maka akan mengakibatkan konsumsi BBM yg semakin besar. Demikian pula bila hambatan kapal kecil maka Horse Power yang digunakan

akan kecil, sehingga dapat memperkecil konsumsi bahan bakar alias lebih irit.

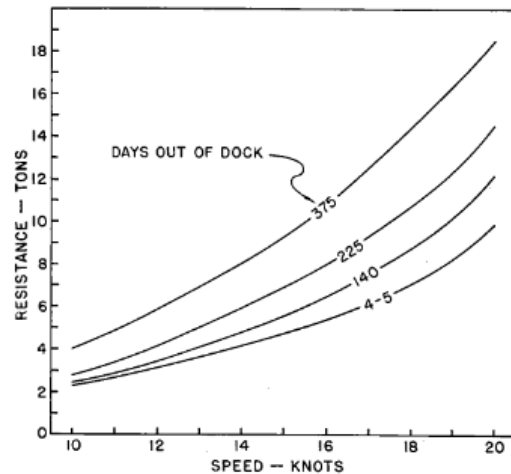


FIGURE 1. Resistance of destroyer Yubachi towed at different speeds after various periods at anchor. From data of Iizubuchi (13).

**Gambar 3.** Grafik Kecepatan dan Hambatan

Pada penelitian ini hambatan kapal hanya akan ditinjau dari segi hambatan yang dominan saja yaitu dari segi hambatan gesek karena hambatan gesek inilah yg paling besar pengaruhnya bila dibanding dengan hambatan sisa yaitu sekitar 87 % untuk kecepatan kapal sebesar 14 knot, berarti hambatan sisanya hanya 13 % saja.

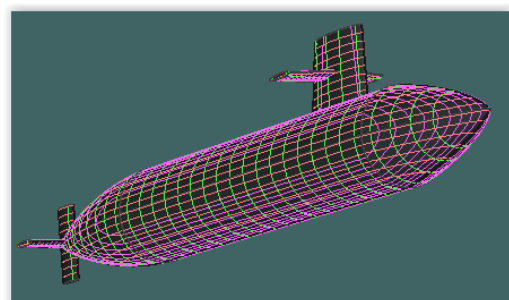
### Pemodelan dan meshing independent

Langkah awal penelitian ini adalah dengan membuat model kapal selam, untuk mempermudah pembuatan model kapal selam maka pelaksanaan pembuatan kapal dengan menggunakan software maxsurf sebagaimana terlihat pada gambar 4, dimana model kapal selam yang sudah dibuat dengan menggunakan software maxsurf dan siap diekspor ke software ANSYS ICEM-CDF ukuran pokoknya adalah sebagai berikut :

Loa = 79.956 m

B = 11.067 m

H = 17.177 m



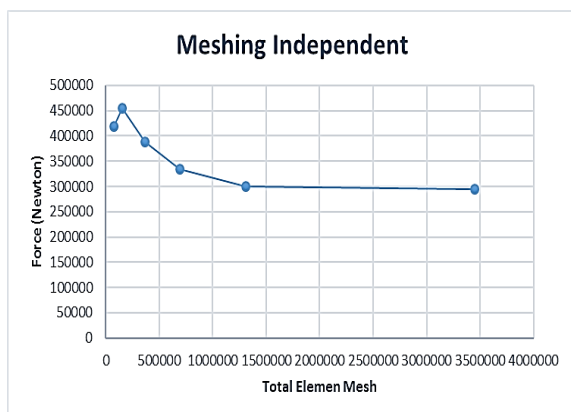
**Gambar 4.** Model Kapal

Model tersebut kemudian dieksport ke ANSYS ICEM-CFD untuk dilakukan proses pembuatan element mesh. Meshing dilakukan secara berulang-ulang dimana setiap pengulangan proses dilakukan penambahan mesh dengan cara dinaikan elemen meshnya dua kali lipat hingga sampai didapatkan apa yang disebut dengan meshing independent dimana bila mesh ditambah terus menerus maka jumlah pertambahan mesh tidak akan mempengaruhi secara signifikan dari hasil yang diperoleh.

Sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1 dan gambar 5, dimana apabila jumlah meshing elemen ditambah atau ditingkatkan dua kali lipat terus menerus, maka tidak akan merubah hasil force secara signifikan.

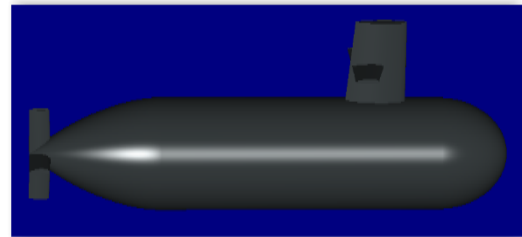
**Tabel 1.** Hasil Meshing Independent

	Total Element	Force Submarine (Newton)
Mesh1	72606	418835
Mesh2	155944	454308
Mesh3	366489	387404
Mesh4	689700	334900
Mesh5	1308206	300411
Mesh6	3453555	294581

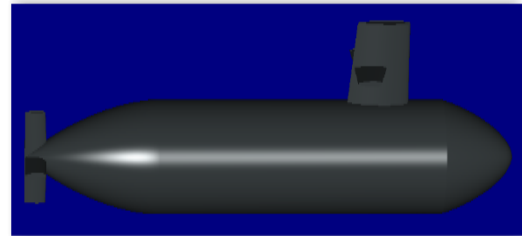


**Gambar 5.** Meshing Independent

Meshing independent inilah yang digunakan untuk proses meshing selanjutnya untuk tiga (3) buah model kapal selam bentuk kapsul yang dibedakan dari bentuk moncong/haluannya, jadi ada 3 buah bentuk haluan kapal selam yang terdiri dari tiga bentuk haluan/moncong yang berbeda-beda sebagaimana terlihat pada gambar 6, gambar 7 dan gambar 8.



**Gambar 6.** Bentuk Haluan 1



**Gambar 7.** Bentuk Haluan 2

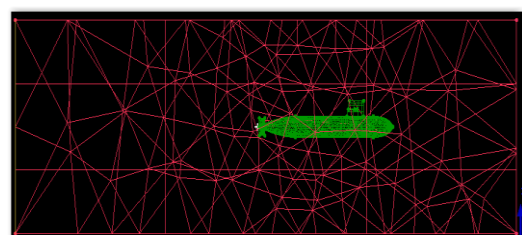


**Gambar 8.** Bentuk Haluan 3

Ketiga model tersebut dieksport ke dalam software ICEM-CFD untuk dilakukan proses penamaan tiap-tiap bagian seperti, Sub Marine, Box, Fuida, Inlet, Outlet, Wall serta pembuatan elemen-elemen mesh dengan cara meshing sebagaimana terlihat pada gambar 9.

Meshing adalah pembagian sebuah benda menjadi beberapa bagian bagian kecil elemen. Dalam Metode Elemen Hingga ini disebut dengan diskritisasi, yang mana ini adalah merupakan hal inti dalam penelitian berbasis elemen hingga.

Maka ketiga model harus di meshing terlebih dahulu dengan jumlah pembagian elemen sesuai dengan hasil dari meshing independent, yang mana tujuannya agar proses penghitungan secara iterasi dapat dilakukan dengan baik, sehingga dihasilkan hasil yang akurat.

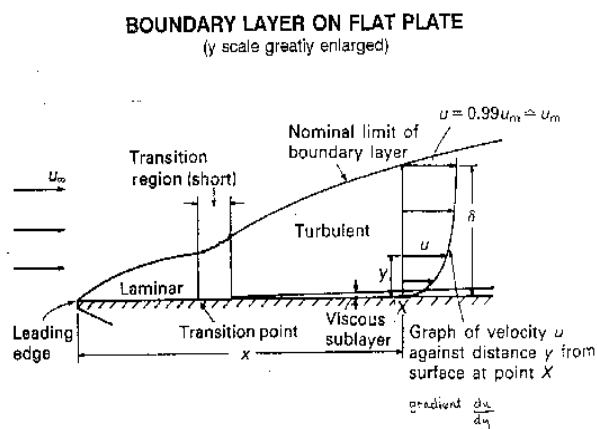


**Gambar 9.** Meshing in ICEM-CFD

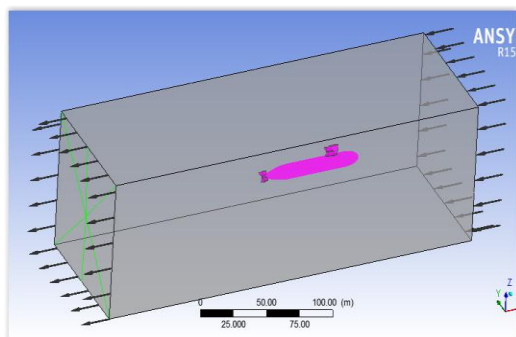
## Boundary Layer.

**Boundary layer** (lapisan batas) sebagaimana gambar 10 adalah suatu lapisan yang terbentuk disekitar penampang yang dilalui oleh fluida tersebut, karena mengalami hambatan yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti faktor gesekan, dan efek- efek viskos.

Viskositas adalah kemampuan untuk menahan suatu gesekan (ukuran kekentalan fluida)



Gambar 10. Boundary Layer



Gambar 11. Boundary Layer in CFX-Pre

Model kapal selam yang akan dianalisa harus diidentifikasi batas-batas lapisan (boundary layer) dengan cara pemberian identifikasi bagian demi bagian antara kapal selam dengan fluidanya. Agar nantinya nama-nama komponen yg akan diiterasi tersebut pada waktu proses iterasi berlangsung, pada CFX-Solver dapat membedakan dan memproses penghitungan dengan baik,

Adapun identifikasi penamaan lapisan batas atau boundary layer antara fluida dengan kapal selam, akan dilaksanakan menggunakan ANSYS CFX-Pre. Sebagaimana ditampilkan pada gambar 11

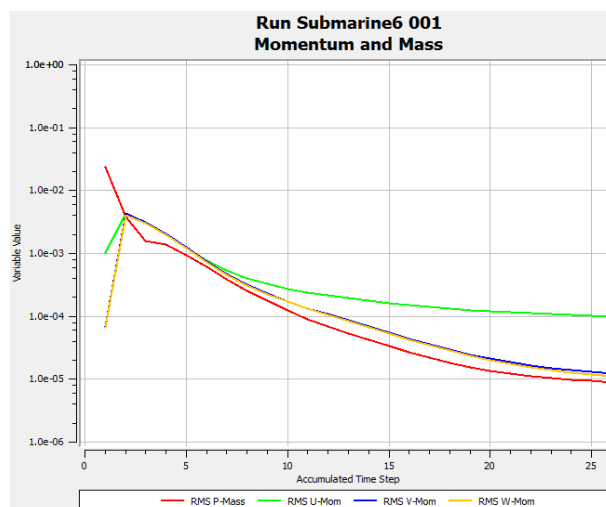
## Iterasi

Proses penghitungan elemen-elemen mesh yang sudah diidentifikasi, dimana ketiga model kapal selam satu demi satu diiterasi adapun rumus metode iterasi Gauss-Seidel sebagai berikut:

$$x_i^{(k)} = \frac{-\sum_{j=1}^{i-1} (a_{ij}x_j^{(k)}) - \sum_{j=i+1}^n (a_{ij}x_j^{(k-1)}) + b_i}{a_{ii}}$$

Tetapi dengan menggunakan CFX-Solver Manager penghitungan iterasi akan lebih cepat dan akurat.

Dimana diseting proses perhitungan iterasi akan berhenti apabila hasil proses penghitungan telah mencapai angka 0.0001 sebagaimana terlihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik iterasi kapal selam.

## Hasil

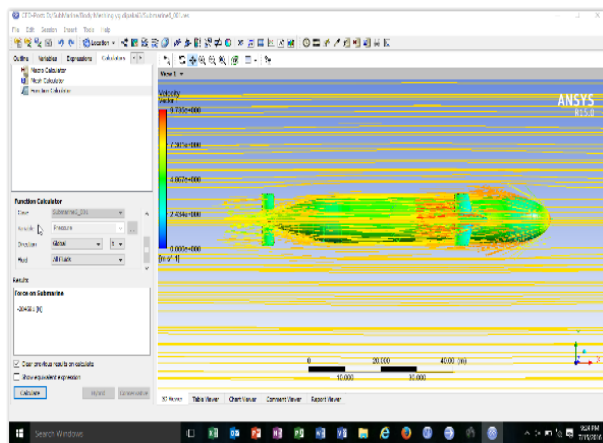
Setelah proses iterasi berhenti yaitu hasil mencapai 0.0001, masuk ke proses selanjutnya yaitu menggunakan CFD-Post. Dimana pada CFD-Post dapat ditampilkan output atau hasil yang diinginkan pada tiap-tiap komponen. Komponen yang akan dilihat adalah komponen kapal selam. yang akan dilihat hasil resistance atau hambatan kapal selam terhadap fluidanya dalam hal ini terhadap fluida air laut. Hasil masing-masing dari ketiga kapal selam adalah sebagai berikut:

a. Kapal selam moncong 1.

Output dari CFD-Post sebagaimana dapat dilihat pada gambar 13 dapat dilihat aliran fluida dari haluan menuju buritan yang bersentuhan langsung dengan badan kapal, untuk kapal selam dengan bentuk



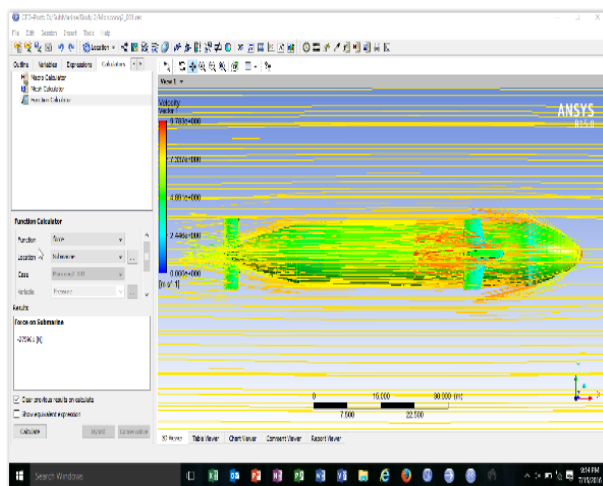
moncong 1 diketahui berdasarkan output dari CFD-Post adalah hambatannya sebesar 294581 N.



**Gambar 13.** Grafik iterasi kapal selam.

b. Kapal selam moncong 2.

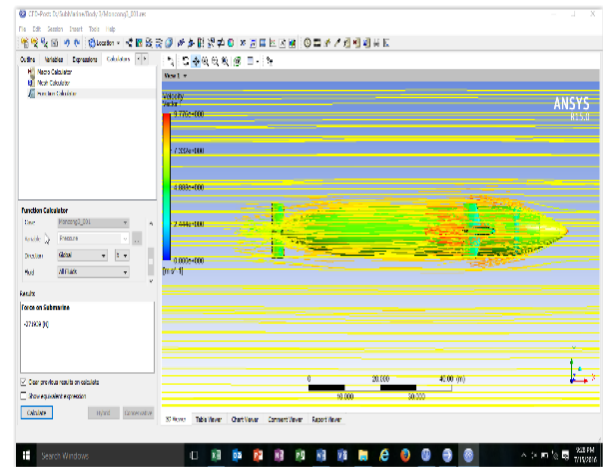
Output dari CFD-Post sebagaimana dapat dilihat pada gambar 14 dapat dilihat aliran fluida dari haluan menuju buritan yang bersentuhan langsung dengan badan kapal, untuk kapal selam dengan bentuk moncong 2 diketahui berdasarkan output dari CFD-Post adalah hambatannya sebesar 275961 N.



**Gambar 14.** Grafik iterasi kapal selam.

c. Kapal selam moncong 3.

Output dari CFD-Post sebagaimana dapat dilihat pada gambar 15 dapat dilihat aliran fluida dari haluan menuju buritan yang bersentuhan langsung dengan badan kapal, untuk kapal selam dengan bentuk moncong 3 diketahui berdasarkan output dari CFD-Post adalah hambatannya sebesar 271939 N



**Gambar 15.** Grafik iterasi kapal selam.

## Simpulan

Sesuai dari tampilan hasil output CFD-Post sebagaimana dapat dilihat pada gambar 13, 14 dan 15 bisa disimpulkan dari ketiga output tersebut bahwa kapal selam dengan bentuk moncong 3 sebagaimana terlihat pada gambar 15, mempunyai hambatan kapal terhadap fluidanya adalah paling kecil bila dibanding dengan bentuk moncong 1 dan bentuk moncong 2., dimana hambatan kapalnya adalah sebesar 271939 N.

Sehingga bentuk kapal selam dengan haluan atau moncong 3 seperti diperlihatkan pada gambar 15 tersebut paling baik digunakan untuk kapal selam ditinjau dari hambatan geseknya ( $R_f$ ) terhadap fluidanya (air laut)

## Daftar Pustaka

- ANSYS. (2015). ANSYS CFX Intoduction & TutorialsANSYS, Inc.
- Andrianto, M, 2012, A CFD Modelling on the Slug Flow Mechanism of Air-Water Two Phase Flow in A Horizontal Pipe By Using A VOF Method, Tesis, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
- Fujiwara, dkk (2003), National Maritime Research Institute, *On Aerodynamic Characteristics of a Hybrid Sail with Square Soft Sail*, Tokyo
- Endro, W.D. (2014), High Speed Ship Total ResistanceCalculation (An Empirical Study), JurnalKapal V11, No 1, dkk (2003), National Maritime Research Institute, On Aerodynamic Characteristics of a
- Sulisetyono, A., & Purnomo, D. 2009.*The Mini-Submarine Design for Monitoring of the*

*Pollutant and Sewage Discharge in Coastal Area.*

5th International Conference on Asian and Pacific Coasts. Singapore:NTU

Prisdianto, A., & Sulisetyono, A. 2012. *Perancangan ROV dengan Hydrodynamic Performance yang Baik untuk Misi Monitoring Bawah Laut*. Surabaya:ITS.

Dyer, Charles. 2002. Fixed Point Iteration. University of Leeds.

Submarine Dive Technology, <http://www.heiszwolf.com/subs/tech/tech01.html> diakses 01 Juni 2016.

Froude, W, Froude R.E. , 1888, The Resistance of Ships

Molland, A.F, Turnock, S.R, Hudson,D.A, Ship Resistance and Propulsion Practical Estimation of Propulsive Power

Larsson,L.L, Raven, H.C., 2010, Ship Resistance and Flow, Society of Naval Architects and Marine Engineers

Douglas, J.F, Gasiorek, J.M, and Swaffield, J.A., 2001, Fluid Mechanics